

オントロジーに基づくドメインを横断した個別知識間の因果論理構築支援に関する考察—環境・サステナビリティ領域を対象に

Supporting construction of causal chains between instances in the fields of sustainability science and environmental studies based on ontology engineering

熊澤 輝一*¹
Terukazu Kumazawa

古崎 晃司*²
Kouji Kozaki

*¹ 総合地球環境学研究所
Research Institute for Humanity and Nature

*² 大阪大学
Osaka University

In the field of sustainability science and environmental studies researchers and stakeholders in various fields deal with common problem areas. This paper attempts to represent relationships between such instances in these fields through class concepts structured by an ontology by means of the supporting tool for constructing causal chains based ontology engineering. Through this experiment process we discuss the specifications to apply this tool to these fields.

1. はじめに

環境学やサステナビリティ・サイエンスでは、様々な立場や専門の人々が共通の問題領域を扱うところが、同じ問題領域から知識をどう構造化するかは、各々の立場や専門により異なる。そのため、問題の共通理解は必ずしも容易ではない。よって、様々な知識の相互関係を明らかにしながら問題領域を各々で理解し、持続可能社会に向けた課題解決の枠組みのデザインを支援するための手法を確立する必要がある。とくに近年、環境・サステナビリティの分野は、プロセス指向のアプローチへと展開しつつあり (Miller 2012)、より動的な枠組みでの共通理解支援の手法が必要となっている。

このことから筆者らは、オントロジーを介した環境・サステナビリティ領域知識の連携に着目し、オントロジーの(抽象)概念構造からドメイン知識間の因果論理を探索する(抽出する)ことによる、因果論理構築支援ツールの開発を進めている(熊澤ら(2016),熊澤ら(2017))。

オントロジーとは、元々、哲学の用語で、「存在に関する体系的な理論」のことであり、本研究では、これを計算機が理解可能な形式で表現することで工学的に応用していこうとする知識工学の手法である、オントロジー工学(溝口(2005))に着目する。オントロジー工学は、セマンティック・ウェブの基礎技術の一つでもあり、共通の語彙、概念、意味を提供する手法である。

サステナビリティ・サイエンスのオントロジー化については、Kumazawa et al. (2014)などが、社会-生態システムの枠組みをオントロジー化する取り組みについては、Frey et al. (2015)などで進められてきた。本研究で開発を進めているツールは、構築したオントロジーに基づいて動的な概念探索を行いつつ、それぞれのドメインの知識構造を示すものである。

以上を踏まえて、本報告では因果論理構築支援ツール開発の中でも、環境・サステナビリティ領域でそれぞれの立場や専門の人が持つインスタンス(個別)知識の関係性に着目する。そして、この関係性をオントロジーによる因果論理を介して連携する因果論理構築支援ツールにより再現することを試みる過程を通して、本支援ツールの環境・サステナビリティ領域への適用に向けた課題を明らかにすることを目的とする。

2. 課題設定・解決に至る論理の一貫性評価とオントロジー工学

環境・サステナビリティ領域の課題解決では、目標との連関が明確であるとはいえない。何の課題を解決するための目標なのか、たとえば、「Water-Energy-Food Nexus」という水・エネルギー・食料の連環という地球環境問題の課題理解の視点がある。しかし、その視点を目標として掲げた後で、具体的にどのような課題を設定し、どのような解決スキーム、因果論理、因果連鎖のもとで目標達成へのパスを描こうとしているのか、この点は必ずしも明らかにされない。

目標と実際にある解決スキームとの間にある因果論理を一つのストーリーとして説明しようとするとき、楠木(2010)は戦略ストーリーの一貫性(consistency)に着目し、その評価基準を①ストーリーの強さ(robustness)、②ストーリーの太さ(scope)、③ストーリーの長さ(expandability)の三つの次元から考えている。①は因果論理の蓋然性(確からしさ)の高さを、②は構成要素間のつながりの多さを、③はストーリーを構成する因果論理のステップの多さを意味する。

オントロジー工学では、一般-特殊関係、全体-部分関係、属性関係などを記述することができ、これらによって論理展開を明示的に表現し共有することができる。よって、オントロジーによって記述された因果論理を題材に、①②③について議論することが可能になる。以上より、様々な知識の相互関係を明らかにしながら、問題領域を各々の立場や専門の立場に即して理解するための方法として、オントロジー工学の手法を用いる。

3. ドメイン知識間の因果論理構築支援ツールの開発の方針

3.1 概念知識を介したインスタンス知識間連携の記述

本研究では、それぞれの立場や専門の人が持つインスタンス知識の関係性を明示的にしながら、目標と実際にある課題と解決スキームとの間にある因果論理を探索する。そのために、インスタンス知識同士がどのような概念知識を介してつながっているか、という点に着目する。

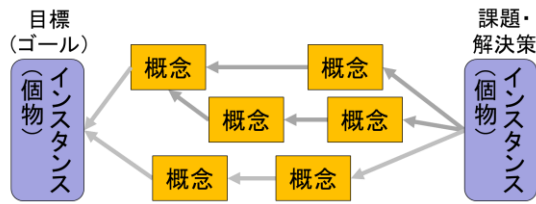


図1 概念知識を介したインスタンス知識間連携の構図

たとえば、海面上昇による沿岸地域社会への影響を考える際に、ある国での農業や人の移動といった実際の影響の連鎖と解決に向けた目標を整理する場合に、影響群や解決目標を一般化する作業を通じて、因果論理の確からしさを実証的に確保するとする。これは、インスタンスとクラス概念を同じマップ上で可視化することにより表現できる。

3.2 支援ツール開発の方針

オントロジーを用いた因果連鎖の可視化ツール(以下、マップ・ツール)については、本研究で使用しているオントロジーの開発環境「法造」(<http://www.hozo.jp/hozo/>)においても、廣田ら(2008)など段階的に開発が進められてきた。しかしながら、すべての概念名を同じサイズで表示すると、非常に煩雑であり、かつ、どの概念から見ていけばよいかがよくわからず、ドメインの専門家の利用には耐えないという課題があった。そこで、環境・サステナビリティのドメインとして重要と判断される概念については、「ドメイン注目概念」としてフラグを立て、ドメイン注目概念以外の概念名については、ノードだけ残してラベル(概念名)の表示を省

略する機能を付ける仕様とする。なお、ノードだけ残された概念を「非注目概念」と呼ぶ。

以上より、ツール開発にあたり、概念と個物を、トップレベル概念(上位概念)、ドメイン注目概念、非注目概念、インスタンスの4つのレベルで考える。具体的には、「インスタンス→非注目概念→ドメイン注目概念→非注目概念→インスタンス」の流れで考えることにより、因果論理を確保しながらドメインごとの認識を可視化できるツールを開発することができる。

なお、このドメイン注目概念の実装については、熊澤ら(2017)で報告している。今回は、クラスを介したインスタンス間連携に焦点を絞って報告する。

4. インスタンス関係記述の実装

4.1 インスタンス関係記述の実装

オントロジーの任意の2つのクラス/インスタンス間の関係を取ってきて可視化する。N点間に拡張することが目標となるが、今回は、現状のマップ・ツールで「インスタンス→クラス→クラス→クラス→インスタンス」の流れによるインスタンス間の関係の再現を試みた。

実装ではまず、あるインスタンスを始点としたときに、終点を「あるクラスのインスタンス」として探索できる機能を付けた。次に、インスタンスについては、先頭部を(I)で表示することとし、クラス概念との区別をした。これらの設定により、インスタンス間の関係性を明示できるようにした。これにより、データ同士を明示的に結びつけるための基本的な機能を提供することができた。

次のステップとして、終端をインスタンスに限定したマップを表示できるようにした。なお、今回の実装では、クラスについてはマッ

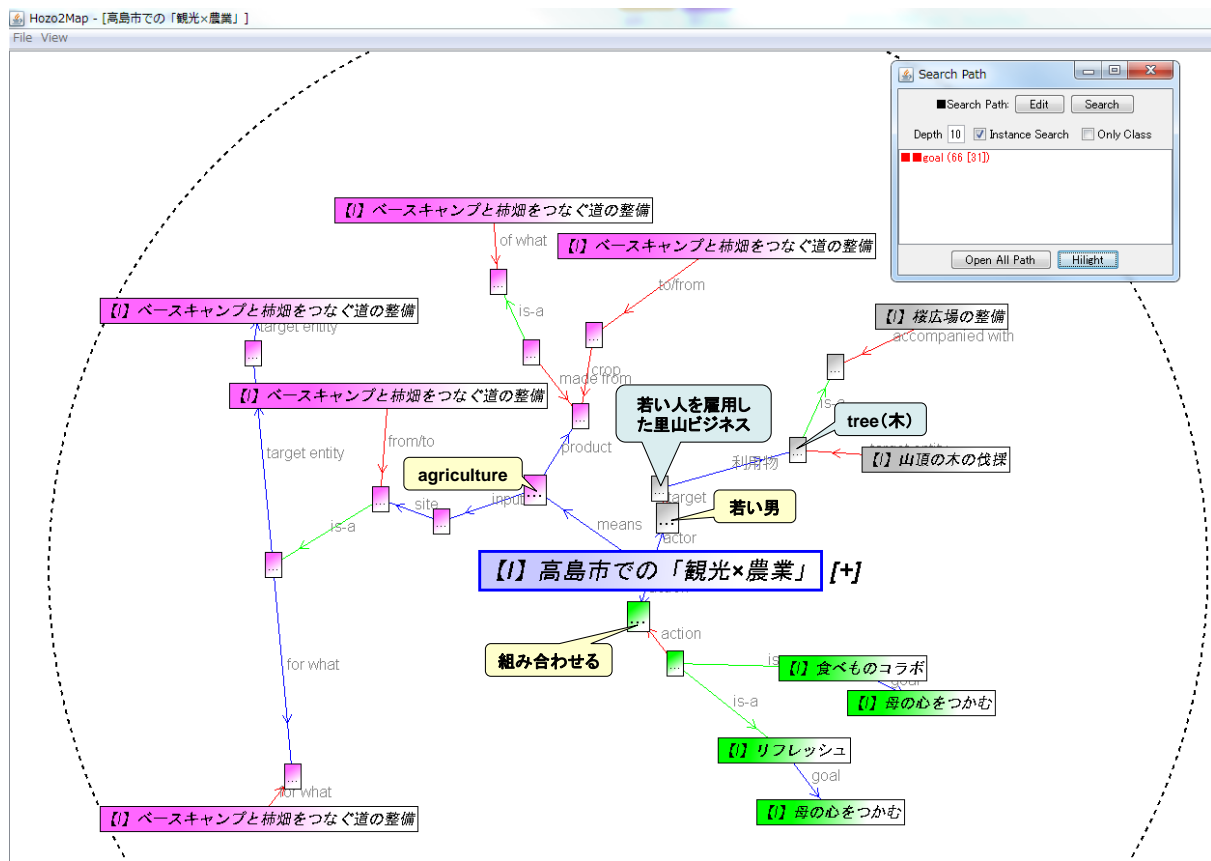


図2 インスタンス間関係の表示例

[fruit](isa)—is-a-> [kaki](:Any)<-of what—[ベースキャンプと柿畑をつなぐ道の整備]

- [高島市での「観光×農業」](any)—means-> [agriculture](any)—product-> [crop](:Any)<-crop— [field](:Any)<-to/from-- [ベースキャンプと柿畑をつなぐ道の整備]
- [高島市での「観光×農業」](any)—means-> [agriculture](any)—input-> [land (陸地)] (any)—site-> [place[RH]](isa)—is-a-> [base camp[RH]](any)—for what-> [camp](:Any)<-for what-- [ベースキャンプと柿畑をつなぐ道の整備]

4.3 クラスに限定した探索による連携の事例

4.2と同様の因果連鎖ではあるが、「goal」もしくはその下位にあるクラス概念を終点としているパスを対象に、議論する。

パスとしては、「(1)高島市での『観光×農業』」とは、「agriculture」「若い男」「組み合わせる」の三つの概念に加えて、「観光(行為・活動)」「若い女」とつながっていた。以下では、(1)4.2とは異なる概念を介しているパス、(2)4.2と同じ概念を介しているパスを示して考察する。

(1) 異なる概念を介しているパスの例

以下に示すパスは、「観光(行為・活動)」に視点を置いた場合に現れる概念である。たとえば、「自転車の旅」は農業とは全く関係がない。また、「活動を動かす、扱う」は、より抽象的な概念である。このパスは、農業とは別の業種に関連する概念やより一般的な概念を参照しながら、農業と観光の組み合わせについて考えることを支援するパスであると考えられる。

- [高島市での「観光×農業」](any)—means-> [観光(行為・活動)](any)—actor-> [tourist](:Any)<-actor— [自転車の旅](any)—target-> [action/activity](:Any)<- target-- [活動を動かす、扱う](any)—goal-> [goal]

(2) 同じ概念を介しているパスの例

「若い人を雇用した里山ビジネス」を介した因果連鎖について、図2と図3のパスを比較すると、図2では、「tree(木)」のみを介して goal のインスタンスとつながっているのに対し、図3では、これに加えて「business」「project」「里山の魅力についての情報発信」といったより多くの種類の概念を介して「goal」概念とつながっていた。

これは、具体事例にはないクラスレベルで抽象度を上げて観点で眺めることで、これまでの具体事例とは異なる新しい視点から見ることができるという 4.1 での想定を支持することを示唆した結果と考える。

5. ツールの環境・サステイナビリティ領域への適用に向けた課題

今回はクラスを介した2つのインスタンス間関係を実装したが、今後は、特定の視点に着目できる機能を有しつつ、2つのクラス／インスタンス間関係の対称的な可視化を行うことが課題となる。そして、さらには多数の始点と終点を持つインスタンス間関係の実装が求められる。こういった可視化が実現できれば、たとえば「農業」と「観光」関連の概念・インスタンス同士を連結させた時の、分野横断あるいは業界横断の状況をわかりやすく把握することができる。これらにより、ドメインに依拠しながらも、環境・サステ

イナビリティ領域で見られる多様な目標と多様な課題・解決策との知識連関を動的に処理することができ、プロセス志向のサステイナビリティ・アプローチの実現を支援できると考える。

最後に、インスタンスが充実したオントロジーであればあるほど、インスタンスを持たないクラス概念について議論する必要が生じる。このような概念は、新しい視点となり得るのか、あるいは全く役に立たない概念なのか、こういった点を思考できる機能があるとよいと考える。

6. おわりに

本発表では、本発表では、環境・サステイナビリティ領域でそれぞれの立場や専門の人が持つインスタンス(個別)知識の関係性を、オントロジーによる因果論理を介して連携する因果論理構築支援ツールにより再現することを試みた。また、その過程を通して、本支援ツールの環境・サステイナビリティ領域への適用に向けた課題を示した。

今後は、「超学際」という観点から、市民、企業、学術といった様々な立場の横断を対象に知識構造を比較しつつ、超学際の枠組みに即したツール開発を進めていく。最終的には、因果論理の流れとそれに支えられた(それを骨組みとする)課題設定・解決のストーリーとの相互関係を明らかにしつつ、これらの動的な更新を実現するツールの開発を目指す。

謝辞

オントロジーの地域づくりでの適用の機会をご提供下さった、たかしま市民協働交流センターの方々、円卓会議参加者の皆様、生物多様性木津川市地域連携保全活動計画作成にあたって実施したワークショップへの参加者の皆様、木津川市役所の方々へ感謝の意を表します。本研究は、科研費(25280081:基盤研究(B);15K00674:基盤研究(C))の支援を受けて実施した。

参考文献

- [Frey 2015年]Frey, U., & Cox, M.: Building a diagnostic ontology of social-ecological systems, *International Journal of the Commons*, 9(2), pp.595-618, 2015.
- [廣田 08] 廣田健, 古崎晃司, 溝口理一郎: オントロジー俯瞰のための概念マップ生成ツールの開発, 第22回人工知能学会全国大会, 2008.
- [Kumazawa 14] Kumazawa, T., Kozaki, K., Matsui, T., Saito, O., Ohta, M., Hara, K., Uwasu, M., Kimura, M.: Initial Design Process of the Sustainability Science Ontology for Knowledge-sharing to Support Co-deliberation, *Sustainability Science*, 9(2), pp. 173-192, Springer, 2014.
- [熊澤 16] 熊澤輝一, 古崎晃司: 環境・サステイナビリティ領域におけるドメイン知識間の因果論理構築支援ツールの試作, 日本シミュレーション&ゲーミング学会 2016年度秋期全国大会, pp.24-27, 2016.
- [熊澤 17] 熊澤輝一, 古崎晃司: ドメイン注目概念の選択による問題領域の知識構造の比較—環境・サステイナビリティ領域を対象に, 人工知能学会セマンティックウェブとオントロジー(SWO)研究会第41回研究会, 2017
- [楠木 10] 楠木建: ストーリーとしての競争戦略—優れた戦略の条件, 東洋経済新報社, 2010.
- [Miller 13]Miller, T. R.: Constructing sustainability science: emerging perspectives and research trajectories, *Sustainability Science*, 8(2), pp.279-293, Springer, 2013.
- [溝口 05] 溝口理一郎: オントロジー工学, オーム社 2005.